МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

И. И. ДУДИЧ

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ



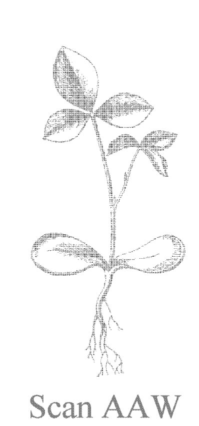
МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 661

И. И. ДУДИЧ

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ





«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1967

Д81
6Ф2.08
УДК 621.317

Дудич И. И.

Д 81 Измерительные устройства для радиолюбителей. М., «Энергия», 1967.
32 с. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 661).

Приводятся описания схем и конструкций различных измерительных устройств, приборов для проверки транзисторов и простых радиолюбительских конструкций. Брошюра предназначена для широкого круга радиолюбителей.

3-4-5
328-67

6Ф2.08

Дудич Иван Иванович

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ

Редактор *Р. Р. Васильев* Техн. редактор *Л. И. Гаврилина*
Обложка художника *А. М. Кувшинникова*
Корректор *Е. В. Кузнецова*

Сдано в набор 10/VI 1967 г. Подписано к печати 13/IX 1967 г. Т-10074
Формат 84×108 1/32 Бумага типографская № 2 Усл. печ. л. 1,68
Уч.-изд. л. 2,03 Тираж 120 000 экз. Цена 09 коп. Зак. 990
Издательство „Энергия". Москва, Ж-114. Шлюзовая наб., 10.

Владимирская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.
Отпечатано с готового набора в Московской
типографии № 10 Главполиграфпрома. Зак. 537.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	4
Вольтметр на транзисторах	5
Комбинированный авометр — испытатель транзисторов	8
Приставка к авометру для проверки транзисторов	15
Малогабаритная измерительная установка . . .	17
Прибор для измерения емкостей и сопротивлений	20
Звуковой генератор	24
Простой испытатель транзисторов	26
Простые радиолюбительские конструкции . . .	30
Литература	32

ПРЕДИСЛОВИЕ

В любительской практике при изготовлении и наладке радиоаппаратуры часто приходится производить различные измерения, а также проверять годность отдельных элементов и деталей перед включением их в схему. Для этого радиолюбителю нужны измерительные приборы, описанию которых и посвящена эта брошюра. В ней рассказывается о том, как изготовить, наладить и отрегулировать некоторые измерительные приборы, предназначенные для проведения различных измерений. При описании того или иного устройства приводится несколько вариантов схем приборов аналогичных по назначению, но отличающихся по сложности и конструктивному исполнению, благодаря чему могут быть удовлетворены запросы широкого круга радиолюбителей с различной степенью подготовленности.

Значительное место в брошюре уделено описаниям универсальных, комбинированных измерительных приборов, предназначенных для измерения тока, напряжения, сопротивления и других величин.

Для радиолюбителей, занимающихся конструированием аппаратуры на полупроводниках, в книге приведены схемы и описания несложных испытателей транзисторов и других измерительных устройств, выполненных на транзисторах.

В заключение брошюры даны краткие описания простых радиолюбительских конструкций, изготовление которых доступно начинающим радиолюбителям.

Брошюра не содержит описания всего комплекса измерительных приборов, необходимых радиолюбителю, однако и предлагаемые устройства могут пополнить его лабораторию.

ВОЛЬТМЕТР НА ТРАНЗИСТОРАХ

Краткая характеристика. Для измерения напряжений в высокоомных цепях желательно иметь вольтметр, обладающий большим входным сопротивлением, с тем чтобы свести к минимуму шунтирующее влияние прибора на исследуемую цепь. Существует много различных вариантов электронных вольтметров, входное сопротивление которых более 10 *Мом*. Однако подобные приборы, как правило, выполнены на электронных лампах, имеют сравнительно большие размеры и довольно сложны по конструкции. Поэтому радиолюбителям, особенно начинающим, не всегда удается изготовить такой прибор.

Ниже приводится описание простого измерительного устройства, обладающего более высоким входным сопротивлением по сравнению с обычными авометрами и вольтметрами, изготовление которого доступно начинающим радиолюбителям. Малые габариты, небольшое количество деталей, простота конструкции и надежность в работе выгодно отличают этот прибор от ламповых вольтметров.

В приборе предусмотрены следующие пределы измерения постоянного и переменного напряжения: 0—1, 0—10, 0—50, 0—250 и 0—500 *в*. При правильной регулировке усилителя и тщательном подборе добавочных сопротивлений погрешность показаний прибора не превышает 3—5%, что практически вполне достаточно при измерениях напряжений в цепях как ламповой аппаратуры, так и аппаратуры на транзисторах. Прибор может быть использован в качестве индикатора выхода, а также для измерения переменной составляющей анодного тока в ламповой аппаратуре либо коллекторного тока в аппаратуре на транзисторах. Для этой цели в нем предусмотрен отдельный входной зажим. Частотный диапазон измерения переменного напряжения — от 5 *гц* до 25 *кгц*. Входное сопротивление при измерениях постоянного напряжения равно 100 *ком/в*, а при измерениях переменного напряжения 30—35 *ком/в*. Прибор питается от двух элементов типа ФМЦ, включенных последовательно.

Схема прибора показана на рис. 1. Он состоит из двух основных частей: входного устройства и усилителя постоянного тока. Во входное устройство входят переключатели рода работ и пределов измерений с соответствующими добавочными сопротивлениями. Усилитель постоянного тока выполнен по мостовой схеме и снабжен стрелочным индикатором, в качестве которого применен микроамперметр типа М265. Полное отклонение стрелки микроамперметра достигается при токе 100 *мка*. Мостовая схема усилителя на двух транзисторах обладает более высокой стабильностью работы, чем схема

усилителя на одном транзисторе. Потенциометры R_{14} и R_{19} необходимы для того, чтобы правильно отрегулировать усилитель и произвести балансировку моста. Этими потенциометрами удается уравнять токи в цепях коллекторов и в цепях баз обоих транзисторов.

Потенциометры R_{11} и R_{12} служат для настройки входной системы усилителя, а потенциометр R_{21} служит для подбора тока в цепях коллекторов при налаживании прибора.

Конструкция и детали. Прибор монтируют в пластмассовой коробке размерами 210×125××55 *мм*, на лицевую панель которой

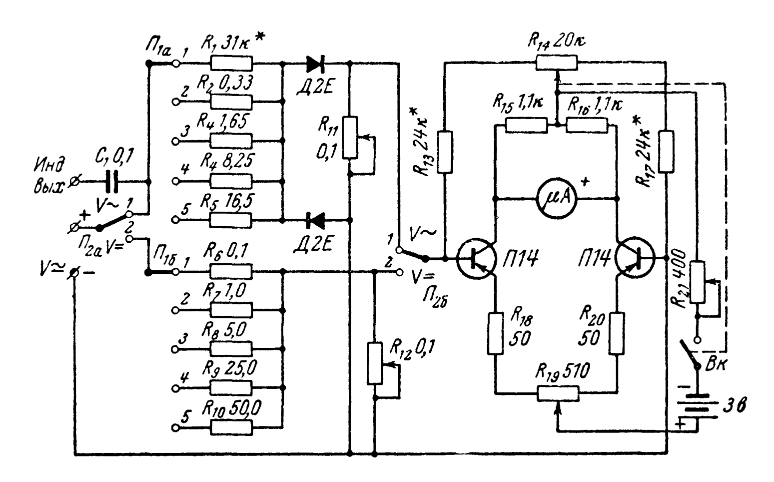


Рис. 1. Принципиальная схема вольтметра на транзисторах.

выводят все элементы управления и устанавливают стрелочный индикатор. Потенциометры R_{11}, R_{12}, R_{19} и R_{21} монтируют внутри коробки. Входные зажимы «$V\simeq$» и «+» служат для подсоединения к цепям постоянного и переменного тока. С помощью добавочного входного зажима «Инд. вых.» можно в случае надобности определить наличие переменной составляющей в цепи, питающейся от источника постоянного тока, либо применить прибор как индикатор выхода. При этом переключатель рода работ $П_2$ должен находиться в положении *1* ($V\sim$) и нужно также следить, чтобы выбранный предел измерений соответствовал величине измеряемого переменного напряжения.

Переключение пределов измерений осуществляется переключателем $П_1$ галетного типа (две секции на 5 положений). Переключатель $П_2$ производит переключение прибора для измерения постоянного или переменного напряжений. Для этой цели может служить любой малогабаритный двухсекционный переключатель на два положения. Выпрямитель состоит из двух диодов типа Д2Е. Постоянные резисторы — типа ВС или МЛТ. На схеме рис. 1 и далее звездочкой отмечены постоянные резисторы, сопротивления которых подбирают при наладке прибора.

Все элементы и узлы, входящие в состав прибора, монтируют внутри коробки, там же устанавливают и батарею питания. На лицевую панель выводят только ручки переключателей $П_1$ и $П_2$ и потенциометра R_{14}, который желательно выбрать типа ТК-0,5 (сопряженный с выключателем). Применение такого потенциометра позволяет уменьшить количество коммутирующих ручек, выводимых на лицевую панель прибора.

Введением в схему добавочной кнопки можно предусмотреть возможность проверки состояния батареи. Однако поскольку ток, потребляемый прибором, сравнительно мал, то введение дополнительных элементов для контроля напряжения питания не обязательно.

Усилитель собран на двух транзисторах типа П14 с коэффициентами усиления 30 и обратным током коллектора 1,5—2 *мка*.

При выборе транзисторов для усилителя нужно стремиться подобрать два экземпляра по возможности с одинаковыми электрическими параметрами. Коэффициент усиления по току у каждого из применяемых транзисторов должен быть не более 40.

При налаживании усилителя чувствительность его следует установить так, чтобы полное отклонение стрелки индикатора достигалось при токе 10 *мка*, подаваемом на вход усилителя. Регулировка чувствительности прибора при первоначальной наладке производится при помощи потенциометров R_{11} и R_{12}.

Балансировку усилителя производят следующим образом. Базы транзисторов соединяют между собой проводником и, поворачивая ручку потенциометра R_{19}, устанавливают стрелку прибора на нуль. Затем проводник, соединяющий базы транзисторов, убирают и, не трогая ручки потенциометра R_{19}, производят установку нуля с помощью R_{14}. На этом балансировка заканчивается. Ручку потенциометра R_{19} можно вывести на лицевую панель, а для замыкания баз транзисторов предусмотреть кнопку.

Режим работы усилителя выбран с таким расчетом, чтобы измерения производились на линейном участке характеристики транзисторов. Это облегчает градуировку прибора и дает возможность при измерении постоянных напряжений производить отсчет на равномерной шкале. Для измерения переменного напряжения градуировку шкалы следует производить путем сравнения показаний прибора с показаниями образцового вольтметра.

Прибор прост по конструкции и наладка его не представляет затруднений. Правила обращения с ним не многим отличаются от правил обращения с обычным авометром. Нужно только помнить, что перед началом работы необходимо произвести установку стрелки на нуль. После окончания работы цепь питания следует отключить во избежание преждевременной разрядки батареи.

Прибор может быть легко усовершенствован и дополнен новыми элементами, с тем чтобы расширить область его применения, например на его основе можно создать и многопредельный омметр. Вопрос о дальнейшем усовершенствовании прибора следует решить самому изготовителю в зависимости от степени его подготовленности, наличия деталей и предполагаемой области применения прибора.

В случае применения стрелочного индикатора другого типа, например М4204, М494 и др, размеры прибора могут быть значительно уменьшены.

КОМБИНИРОВАННЫЙ АВОМЕТР — ИСПЫТАТЕЛЬ ТРАНЗИСТОРОВ

Краткая характеристика. Многопредельные универсальные приборы находят самое широкое применение как в радиолюбительской практике, так и в мастерских, производящих ремонт, наладку и регулировку радиоаппаратуры. Ниже приводится описание двух приборов, изготовление которых можно рекомендовать широкому кругу радиолюбителей.

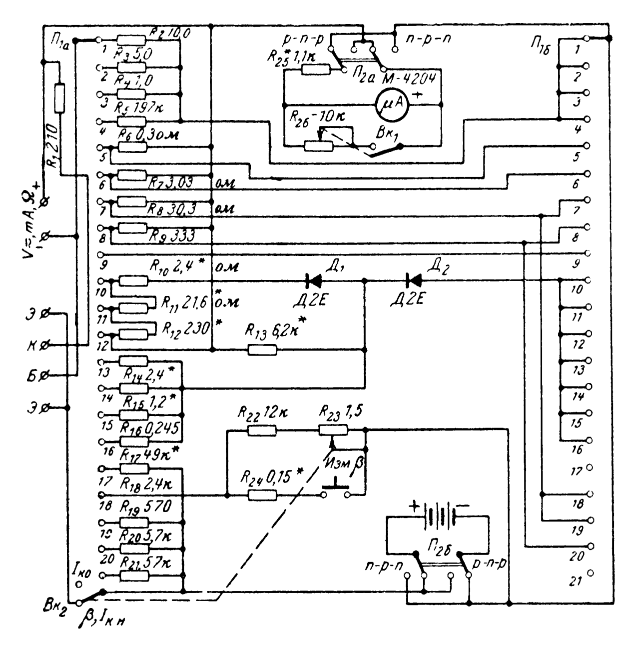


Рис. 2. Принципиальная схема комбинированного авометра — испытателя транзисторов.

Прибор, принципиальная схема которого изображена на рис. 2, представляет собой комбинированный, малогабаритный ампервольтомметр, объединенный с испытателем транзисторов. Прибор позволяет измерять коэффициент усиления, обратный ток коллекторного перехода, начальный ток коллектора маломощных транзисторов структуры *p-n-p* и *n-p-n*, а также определить наличие обрыва или замыкания между электродами испытуемого транзистора. Как авометр прибор пригоден для измерений постоянных и переменных напряжений и тока, а также сопротивления.

При использовании прибора как вольтметра его входное сопротивление велико (20 *ком/в*), а при использовании как амперметра

падение напряжения на нем незначительно. Поэтому при измерении напряжения прибор мало шунтирует измеряемую цепь, а при измерении тока не вызывает перераспределения токов.

В приборе предусмотрены следующие виды и пределы измерений:

1. Постоянное напряжение 0—10, 0—50, 0—250 и 0—500 *в*.
2. Переменное напряжение 0—10, 0—50, 0—250 и 0—500 *в*.
3. Постоянный ток 0—50 *мка*, 0—500 *мка*, 0—5 *ма*, 0—50 *ма*, 0—500 *ма*.
4. Переменный ток 0—5 *ма*, 0—50 *ма*, 0—500 *ма*.
5. Сопротивление 0—20 *ком*, 0—200 *ком*, 0—2 *мом*.
6. Коэффициент усиления транзисторов 0—200.
7. Обратный ток коллекторного перехода 0—50 *мка*.
8. Начальный ток коллектора при короткозамкнутых выводах эмиттера и базы 0—50 *мка*.

При правильном подборе добавочных сопротивлений и сопротивлений шунтов прибор может обеспечить указанные виды измерений с достаточной для любительской практики точностью.

Для уменьшения размеров прибора он питается от трех последовательно соединенных элементов типа 1,3ФМЦ-0,25, установленных внутри прибора. Прибор собран в закрывающемся металлическом ящике размерами 160×105×65 *мм*, вес его не превышает 800 *г*.

Схема и принцип работы. Выбор схемы обусловлен желанием на базе одного стрелочного индикатора создать комбинированный измерительный прибор универсального назначения, не усложняя при этом его конструкции и коммутации.

Применение отдельных шунтов для каждого предела измерения постоянного тока позволяет добиться минимального падения напряжения на приборе, что особенно важно при измерениях тока в аппаратуре на транзисторах при низких напряжениях питания. Блокировка предотвращает возможность выхода из строя стрелочного индикатора при переходе с одного предела измерений тока на другой. В момент перехода с одного предела на другой при выключении шунта выключается и цепь индикатора. Такой способ включения хорош еще и тем, что нарушение контакта в каком-нибудь из соединений шунта на одном из пределов измерений тока не влияет на работоспособность прибора на остальных пределах измерений, а разрыв цепи шунта не вносит погрешность в измерения других величин. При измерении переменного тока микроамперметр имеет универсальный шунт.

Измерение постоянного напряжения на различных пределах осуществляется стрелочным индикатором путем подсоединения к нему соответствующих добавочных сопротивлений. При изготовлении прибора их нужно подбирать путем последовательного соединения двух резисторов, суммарное сопротивление которых должно соответствовать указанному на схеме.

Применяемая система коммутации дает возможность использовать предельную чувствительность стрелочного индикатора при измерениях постоянного тока и добиться высокого входного сопротивления вольтметра при измерениях постоянного напряжения.

Выпрямитель, состоящий из диодов $Д_1$ и $Д_2$, подключается к индикатору только при измерениях переменного напряжения и тока. При всех остальных измерениях во избежание шунтирования индикатора выпрямитель от схемы отключен.

Принцип работы прибора и взаимодействие отдельных элементов видны из схемы. При установлении переключателя рода работ $П_1$ в положения *1—4* прибор позволяет измерять постоянное напряжение в выбранных пределах. Когда переключатель установлен в положениях *5—8*, прибор служит многопредельным миллиамперметром постоянного тока. Для измерений переменного тока переключатель должен быть установлен в положения *10—12*, а для измерения переменного напряжения — в положения *13—16*. Измерение обратного тока коллекторного перехода производится, когда переключатель находится в положении *17*, а цепь эмиттера отключена выключателем $Вк_2$, сопряженным с потенциометром R_{23}. В этом же положении переключателя производится также измерение начального тока коллектора. При этом измерении цепь эмиттера подключается к базе тем же выключателем. Измерение коэффициента усиления производится, когда переключатель $П_1$ находится в положении *18*. Как омметр прибор работает при установлении переключателя в положения *19—21*.

Резистор R_{25}, включенный последовательно с индикатором, является ограничительным при измерениях обратного тока коллекторного перехода и начального тока коллектора. Он также позволяет использовать один и тот же потенциометр R_{26} для установки «нуля» на всех пределах измерений сопротивлений и калибровки прибора при измерении коэффициента усиления транзисторов.

При измерении коэффициента усиления испытуемый транзистор включается по схеме с общим эмиттером и его усилительные свойства определяются отношением приращений тока коллектора и тока базы:

$$\beta = \frac{\Delta I_к}{\Delta I_б},$$

где $\Delta I_к$ — приращение тока коллектора; $\Delta I_б$ — приращение тока базы, β— коэффициент усиления по току.

Нуль шкалы «β» соответствует току 0,5 *ма* (на шкале 6 *ма*), благодаря чему измерения производятся на прямолинейном участке характеристики транзисторов и повышается точность измерений.

При измерении β через потенциометр R_{23} на базу транзистора подается некоторый потенциал. Приращение тока базы достигается введением в ее цепь резистора R_{24} путем нажатия кнопки «Изм. β». Отсчет производится непосредственно в единицах коэффициента усиления на соответствующей шкале «β». Наличие ограничительных резисторов R_1 и R_{22} предотвращает выход из строя как стрелочного индикатора, так и транзистора при неправильном подключении либо повреждении последнего.

Упрощенная схема прибора для измерения коэффициента усиления транзисторов показана на рис. 3. Сопротивления резисторов соответствуют указанным на рис. 2. Как видно из схемы, установка нуля шкалы «β» достигается при помощи одного потенциометра R_{23}, а отсчет измеряемой величины производится при нажатии кнопки «Изм. β».

При измерениях обратного тока коллекторного перехода и начального тока коллектора погрешность измерений зависит от класса точности выбранного стрелочного индикатора. Ограничительные резисторы практически не оказывают влияния на правильность пока-

заний из-за малой величины протекающего тока. Упрощенные схемы включения индикатора при измерениях обратного тока коллекторного перехода и начального тока коллектора изображены на рис. 4.

Для измерения параметров транзисторов обеих структур в приборе рис. 2 предусмотрено переключение полярности батареи и стрелочного индикатора. Это достигается с помощью переключателя $П_2$, ручка которого выведена на переднюю панель прибора.

Конструкция и детали. В качестве индикатора используется стрелочный прибор типа М-4204 с сопротивлением рамки 2 000 *ом*, полное отклонение стрелки которого достигается при токе 50 *мка*.

Рис. 3. Упрощенная схема для измерения коэффицента усиления.

В качестве индикатора может быть применен также другой микроамперметр, однако значения добавочных сопротивлений и сопротивлений шунтов необходимо пересчитывать согласно приведенным ниже формулам.

Применение индикаторов с током полного отключения более 200 *мка* влечет за собой уменьшение входного сопротивления вольтметра, труднее становится отсчет при измерениях обратного тока коллектора, увеличиваются погрешности.

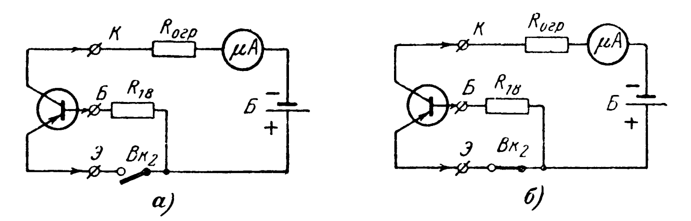


Рис. 4. Упрощенные схемы для измерения обратного тока коллекторного перехода (*а*) и начального тока коллектора (*б*).

Для вольтметра, измеряющего постоянное напряжение, добавочное сопротивление для каждого предела измерения рассчитывается по формуле

$$R_д = \frac{U_{пр}}{I_{ин}} - (R_{ин} + R_к),$$

где $R_д$ — добавочное сопротивление; $U_{пр}$ — напряжение, на которое рассчитан вольтметр; $I_{ин}$ — ток полного отклонения стрелочного индикатора; $R_к$ — компенсационное или уравнивающее сопротивление,

включенное в цепь индикатора (в нашем случае R_{25}); $R_{ин}$ — внутреннее сопротивление индикатора.

Для вольтметра, измеряющего переменное напряжение, добавочное сопротивление рассчитывается по формуле

$$R_д \approx \frac{U_{пр}}{2,2I_{ин}}.$$

Следует отметить, что в схеме на рис. 2 в цепь индикатора при измерениях переменного тока и напряжения введен универсальный шунт. Поэтому ток полного отклонения индикатора $I_{ин}$ становится значительно меньше. Учитывая это, рационально производить подбор сначала сопротивлений резисторов, входящих в универсальный шунт для измерения переменного тока, а затем приступать к подбору добавочных сопротивлений. Ввиду разброса параметров применяемых диодов наладка миллиамперметра для измерений переменного тока и напряжения производится путем подбора сопротивлений резисторов шунта и добавочных сопротивлений. Для этой цели удобно воспользоваться многопредельным образцовым вольтметром и миллиамперметром переменного тока.

Рассчитать сопротивления шунтов для многопредельного миллиамперметра постоянного тока можно, воспользовавшись формулой

$$R_ш = (R_{ин} + R_к)\frac{I_{ин}}{I_{пр} - I_{ин}},$$

где $R_ш$ — сопротивления шунта; $R_{ин}$ — внутренее сопротивление индикатора; $R_к$ — уравнивающее сопротивление; $I_{ин}$ — ток полного отклонения стрелки индикатора; $I_{пр}$ — предельное значение измеряемого тока. Однако сопротивления шунтов для миллиамперметра постоянного тока следует также подбирать для уменьшения погрешностей показаний прибора. Наладку его нужно производить на каждом пределе измерений, когда уже все элементы установлены, с тем чтобы учесть и сопротивление монтажных проводов.

Для переключения рода работ и пределов измерений служит двухплатный переключатель типа ПД-360. Переключатель полярности батареи и индикатора можно осуществить при помощи переключателя для малогабаритных приемников типа МДПВ-1-1В либо малогабаритного четырехсекционного переключателя галетного типа на два положения. Кнопка «Изм. β» может быть любого типа. Потенциометры, сопряженные с выключателями, желательно применить малогабаритные, однако при их отсутствии можно воспользоваться потенциометрами типа ТК 0,5. В качестве добавочных сопротивлений удобно использовать резисторы типа МЛТ-0,5 либо ВС-0,25. Резисторы шунтов — проволочные, намотаны константановым или манганиновым проводом на высокоомных (150—200 *ком*) резисторах типа ВС или МЛТ; диаметр провода 0,6—0,1 *мм* в зависимости от сопротивления шунта (меньшей величине соответствует больший диаметр провода, так как по нему будет течь большой ток).

Шкала прибора самодельная. Один из возможных вариантов шкалы показан на рис. 5.

Переднюю панель прибора можно изготовить из гетинакса или слоистого пластика толщиной 3—4 *мм*, к ней прикрепить все элементы управления, нанести соответствующие разметки и надписи,

после чего при помощи пульверизатора покрыть бесцветным лаком. Корпус коробки может быть из пластмассы или алюминия.

Налаживание прибора и работа с ним. Налаживание прибора заключается в проверке правильности монтажа, правильном подборе добавочных сопротивлений и шунтов и регулировке системы калибровки. При наладке нужно сличать показания налаживаемого прибора с показаниями образцового прибора. Для наладки испытателя транзисторов желательно проверить один транзистор на фабричном приборе, после чего при налаженной калибровке производить измерения на построенном приборе и подбором сопротивления резистора R_{24} добиться идентичности показаний.

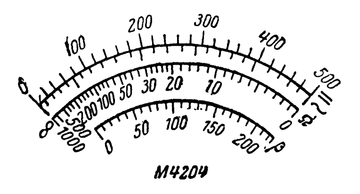


Рис. 5. Шкала прибора.

Прибор прост в обращении и надежен в работе. Однако при различных видах измерений необходимо руководствоваться следующими правилами.

При измерении напряжения и тока положение переключателя $П_2$ должно соответствовать включению «*p-n-p*». При измерении тока (в том числе $I_{к0}$ и $I_{к.н}$) и напряжения выключатель $Вк_1$, сопряженный с потенциометром R_{26}, должен быть в положении «Включено».

При измерении сопротивления предварительно должна быть проведена калибровка, т. е. установка нуля шкалы «Ω» с помощью потенциометра R_{26} при закороченных щупах.

Калибровку при измерениях коэффицента усиления (до подключения транзистора) следует производить так же, как и установку нуля шкалы «Ω», поставив переключатель рода работ $П_1$ в положение *19*. Установка нуля шкалы «β» производится при включенном транзисторе с помощью потенциометра R_{23}. Переключатель рода работ при этом должен находиться в положении *18*. Нажатием на кнопку «Изм. β» дается приращение тока базы и производится непосредственный отсчет коэффициента усиления по соответствующей шкале.

Установив переключатель рода работ в положение *17*, производят измерение обратного тока коллекторного перехода транзистора, выключатель $Вк_2$ должен быть выключен. Для измерения начального тока коллектора выключатель $Вк_2$ должен быть включен, с тем чтобы были замкнуты накоротко выводы эмиттера и базы. Система калибровки при этом должна быть отключена, т. е. выключатель $Вк_1$ должен быть выключен.

При некотором навыке в работе прибор позволяет проверить исправность полупроводниковых диодов, а также производить ряд других измерений.

Схема прибора, аналогичного описанному по назначению, но более простого по конструкции, представлена на рис. 6. Прибором можно измерять постоянное и переменное напряжения в пределах 0—10, 0—50, 0—250 и 0—500 *в* (положения *1—4* переключателя $П_1$) постоянный ток с пределами 0—500 *мка*, 0—5 *ма*, 0—50 *ма*, 0—500 *ма*, (положения *5—8*), сопротивления в пределах 0—5 000 *ом* (положение *10*), коэффициент усиления транзистора β (положение *9*) обратный ток коллекторного перехода и начальный ток кол-

лектора (положение *11*). В качестве стрелочного индикатора применен микроамперметр М494 с сопротивлением рамки 700 *ом*, полное отклонение стрелки которого достигается при токе 100 *мка*. Прибор питается от одного элемента типа 1,3ФМЦ-0,25.

Ввиду сравнительно малой величины внутреннего сопротивления индикатора шунтирующее влияние выпрямителя незначительно. Благодаря этому предельно упрощена коммутация прибора при измерениях переменного и постоянного напряжения (осуществляется с

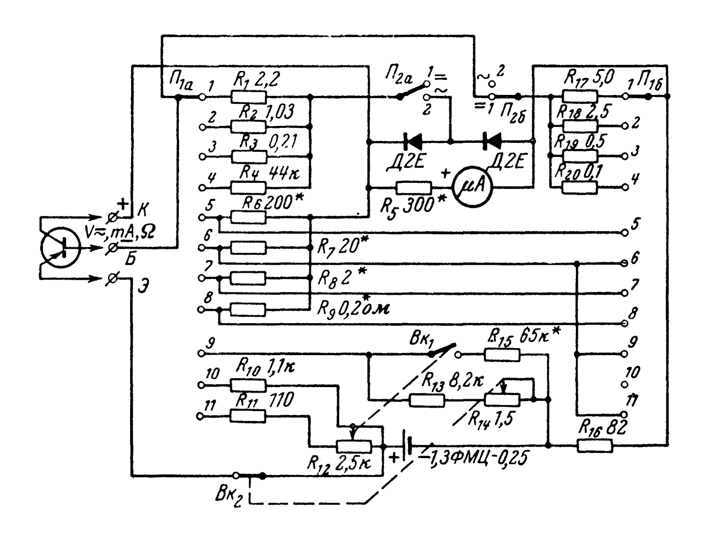


Рис. 6. Схема упрощенного варианта авометра — испытателя транзисторов.

помощью простого тумблера $П_2$). Наличие у потенциометров R_{12} и R_{14} выключателей уменьшает количество ручек управления прибором. Например, при измерениях коэффициента усиления транзисторов потенциометром R_{14}, сопряженным с выключателем $Вк_2$, устанавливается нуль шкалы «β», а приращение тока базы достигается включением резистора R_{15} выключателем $Вк_1$, сопряженным с потенциометром R_{12}. Принцип работы испытателя транзисторов аналогичен описанному ранее. Предел измерения обратного тока коллекторного перехода и начального тока коллектора расширен до 100 *мка* из-за применения более грубого стрелочного индикатора.

Отметим, что положение ползунка потенциометра R_{12} не влияет на показания испытателя и, наоборот, при установке нуля шкалы Ω положение выключателя $Вк_1$ не влияет на показания омметра. Таким образом, можно производить упомянутые измерения, используя одни и те же элементы схемы. Подключение испытуемых транзисторов и подсоединение измерительных щупов к одним и тем же входным зажимам сокращает количество применяемых зажимов и позволяет

сделать прибор более компактным. Внешний вид прибора, выполненного по данной схеме, показан на рис. 7.

Поскольку в данном приборе не предусмотрена возможность переключения полярности батареи питания и стрелочного индикатора (с целью упрощения конструкции), то прибором можно измерять параметры транзисторов только структуры *p-n-p*. При необходимости измерения параметров транзисторов структуры *n-p-n* в систему коммутации нужно ввести дополнительный переключатель, как показано в схеме на рис. 2.

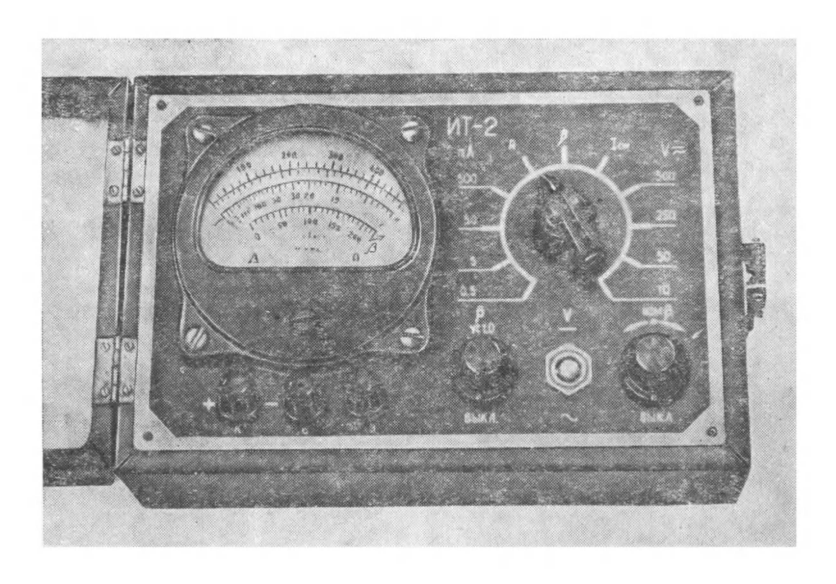


Рис. 7. Внешний вид простого авометра.

ПРИСТАВКА К АВОМЕТРУ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ТРАНЗИСТОРОВ

В основу разработки данной приставки заложен метод определения основных параметров транзисторов, рассмотренный в предыдущем параграфе. Приставку можно с успехом применять как в условиях радиолюбительской практики, так и в условиях ремонтных мастерских.

Схема и принцип работы. Выключатель $Вк_1$ (рис. 8), сопряженный с потенциометром R_3, служит для включения шунта R_2 в цепь микроамперметра при измерении коэффициента β. Сопротивление шунта зависит от типа микроамперметра и выбирается с таким расчетом, чтобы при его включении ток полного отклонения стрелки индикатора был равен 6 *ма*. При использовании авометра этот шунт можно из схемы исключить. Однако при этом необходи-

мо переключать предел измерений тока на 6 *ма*. Для измерения обратного тока коллекторного перехода нужно выбрать наименьший предел измерения тока, например, при использовании авометра ПР-5 отсчет производится по шкале 60 *мка*.

Проверку транзисторов производят следующим образом. Переключатель $П_2$ ставят в положение, соответствующее структуре проверяемого транзистора (*р-п-р* или *п-р-п*), авометр (микроамперметр) подсоединяется к соответствующим зажимам приставки. При проверке транзисторов структуры *п-р-п* щупы авометра нужно поменять местами. Транзистор подключают к соответствующим зажимам, и, поворачивая ручку потенциометра R_3, устанавливают ток коллектора, равный 1 *ма*. Это будет условным нулем шкалы «β». Нажатием кнопки «Изм. β» дается приращение тока базы и соответственно увеличивается коллекторный ток. Если сопротивление резистора R_5 выбрано так, что при испытании транзистора с коэффициентом усиления $\beta = 50$ приращение коллекторного тока будет равно 1 *ма*, то на приборе со шкалой на 6 *ма* можно измерять коэффициент $\beta \leqslant 250$. Для измерения обратного тока коллекторного перехода необходимо переключатель $П_1$ поставить в положение $I_{К0}$, а ручку потенциометра, соединенного с выключателем $Вк_1$, установить в положение «Выкл.». При этом шунт будет отключен от индикатора и измерение будет производиться по шкале 50—60 *мка* (в зависимости от применяемого для этой цели измерительного прибора). Чтобы измерить начальный ток коллектора, выводы эмиттера и базы нужно соединить накоротко и производить отсчет по той же шкале.

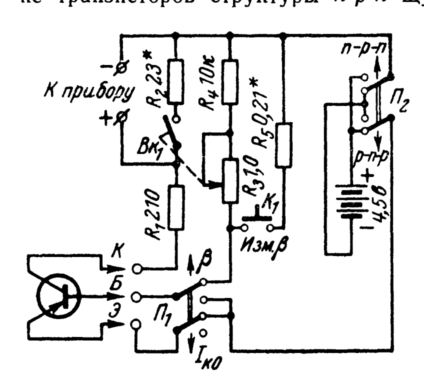


Рис. 8. Принципиальная схема приставки для проверки транзисторов.

Конструкция и детали. Приставка смонтирована в небольшой пластмассовой коробке размерами 85×58×42 *мм* (рис. 9), в которую помещены также три элемента 1,3ФМЦ0,25, включенные последовательно. На лицевую панель выведена ручка потенциометра R_3, два тумблера — $П_1$ и $П_2$ и кнопка «Изм. β». На верхней части коробки прикреплены также три зажима типа «крокодил» для подключения испытуемого транзистора и два зажима, посредством которых приставка подсоединяется к авометру.

Для установки нуля шкалы «β» можно применить любой переменный резистор, например типа ТК, сопряженный с выключателем. Резисторы следует применить типа УЛМ или МЛТ, причем нужно обратить внимание на правильный выбор сопротивления резистора R_5, с помощью которого дается приращение тока базы, так как от него зависит точность показаний прибора при отсчете коэффициента усиления. Резисторы R_1 и R_4 ограничивают токи коллектора и базы, что предотвращает повреждение авометра (или другого измери-

тельного устройства) при испытании неисправного транзистора либо при неправильном его подключении.

Приставка весьма проста в изготовлении и наладке. Экономичное расходование энергии позволяет пользоваться приставкой длительное время без замены элементов питания. При длительном хранении приставки нужно все же проверить степень годности батареек, что можно осуществить при помощи авометра, измерив напряжение на зажимах «—» и «Э»; переключатель $П_1$ при этом должен стоять в положении «β», а переключатель $П_2$ — в положении «*p-n-p*». Элементы ФМЦ можно заменить батарейкой для карманного фонаря, однако размеры приставки при этом несколько увеличиваются.

Сопротивления всех резисторов указаны на схеме с расчетом использования авометра ПР-5 с пределами измерений тока 6 *ма* (с учетом шунта) при измерении коэффициента усиления транзисторов и 60 *мка* при измерении обратного тока коллекторного перехода.

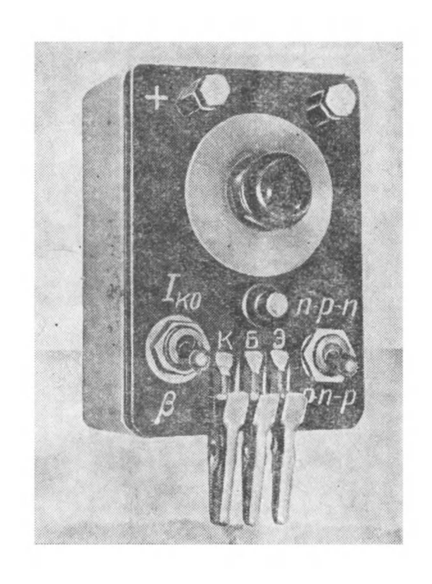


Рис. 9. Внешний вид приставки.

МАЛОГАБАРИТНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Краткая характеристика. С помощью описываемого прибора удобно производить градуировку, наладку и регулировку различных измерительных приборов, питать различные маломощные радиоустройства, выполненные на транзисторах, а также питать анодные цепи ламповой аппаратуры. Возможность регулировки тока в пределах 0,05—500 *ма* и напряжения в пределах 0,1—10 *в* позволяет использовать прибор для снятия нагрузочных характеристик и проверки режима работы транзисторной аппаратуры, при этом посредством стрелочного индикатора можно контролировать ток и напряжение в исследуемой цепи.

Прибор позволяет производить измерения тока в пределах 0—100 *мка*, 0—500 *мка*, 0—5 *ма*, 0—50 *ма*, 0—500 *ма* и напряжения в пределах 0—0,5, 0—1, 0—2,5, 0—5 и 0—10 *в*. Точность измерений достаточна для любительской практики. Прибор позволяет определить падение напряжения на авометре и других измерительных приборах. С помощью данного устройства можно производить зарядку малогабаритных аккумуляторов от карманных приемников, получать на выходе регулируемое низкое напряжение, а также проводить ряд других измерений, встречающихся в радиолюбительской практике.

Схема. Прибор (рис. 10) состоит из двух выпрямителей, собранных по мостовой схеме, и коммутирующего устройства ($П_1$ и $П_2$), посредством которого производится переключение прибора для различных измерений. Стрелочный индикатор в зависимости от положения переключателей используется как многопредельный миллиамперметр и вольтметр. Для грубой регулировки низкого напряжения служит потенциометр R_{11}, а для тонкой — R_{12}. Для фильтрации выпрямленного низкого напряжения служит конденсатор C_1. Выпрямитель для питания анодных цепей собран на диодах Д7Ж

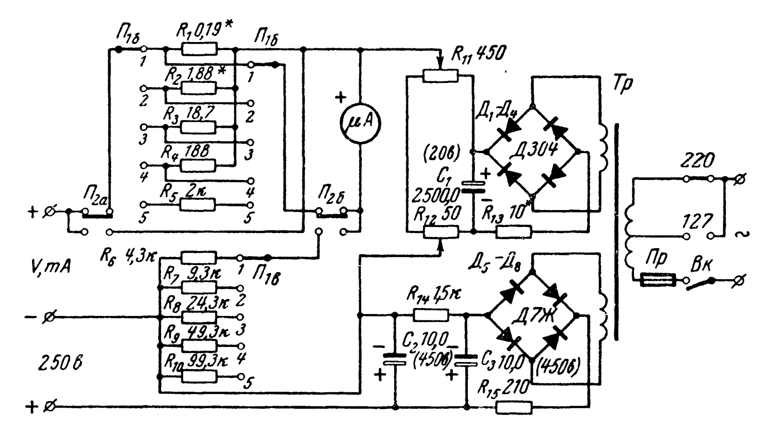


Рис. 10. Принципиальная схема малогабаритной измерительной установки.

с применением П-образного фильтра, состоящего из конденсаторов C_2 и C_3 и резистора R_{14}.

Конструкция и детали. В приборе применен маломощный трансформатор от сетевого приемника, у которого две накальные обмотки включены последовательно. Напряжение 12—13 *в* с этой обмотки подается на выпрямитель, собранный на диодах $Д_1$—$Д_4$. Напряжение с анодной обмотки подается на выпрямитель, собранный на диодах $Д_5$—$Д_8$. Для уменьшения броска тока при включении прибора в цепи фильтров включены резисторы R_{13} и R_{15}. Резистор R_{13} должен быть обязательно проволочным; резистор R_{15} также должен выдерживать нагрузку не менее 5—7 *вт*. Резистор R_5 является ограничительным при включении прибора на предел 100 *мка*.

Для обеспечения достаточной фильтрации выпрямленного напряжения конденсатор C_1 следует подбирать большой емкости. При отсутствии конденсатора емкостью в 2 500 *мкф* необходимо соединить параллельно несколько конденсаторов с таким расчетом, чтобы суммарное значение емкости соответствовало указанному на схеме, а рабочее напряжение было 20—30 *в*. Применение двухполупериодного выпрямителя и эффективного фильтра позволяет значительно снизить пульсации выпрямленного напряжения. Благодаря этому прибор можно использовать для питания транзисторных приемников.

Потенциометры R_{11} и R_{12} должны быть проволочными; допустимо некоторое отклонение их сопротивлений от указанных на схеме (на 5—7%).

Очень важным элементом схемы является стрелочный индикатор. К его подбору нужно отнестись весьма серьезно, так как в приборе индикатор служит образцовым и от верности его показаний зависит эффективность работы установки в целом. Удобнее всего применить индикатор с зеркальной шкалой класса 1,0 (например, индикатор М265, М94) и др. В крайнем случае можно применить индикатор класса 1,5.

Переключателем рода работ и пределов измерений ($П_1$) может служить любой трехплатный переключатель галетного типа на пять положений. Чтобы до минимума уменьшить падение напряжения на приборе при использовании его как миллиамперметра, в нем применены индивидуальные шунты для каждого предела измерений тока. Для обеспечения необходимой блокировки коммутация осуществляется таким образом, чтобы исключить возможность повреждения стрелочного индикатора при переходе с одного предела на другой.

При настройке прибора особое внимание следует обратить на правильной подбор сопротивлений шунтов и добавочных сопротивлений. Сопротивления шунтов необходимо подбирать, когда схема прибора будет уже скомпонована и все элементы установлены. Для этого можно воспользоваться образцовым прибором, по которому и проверить правильность показаний индикатора на всех пределах измерений.

Наматывать шунты следует на корпусе высокоомных резисторов, например типа ВС, проводом из манганина или константана, причем чем меньше сопротивление шунта, тем больший диаметр провода следует применить. Исходя из этих соображений, следует применять провод диаметром 0,2—0,8 *мм*. Резисторы, образующие добавочные сопротивления к вольтметру, необходимо подбирать типа ВС или МЛТ. Необходимое сопротивление нужно подбирать, включая последовательно несколько резисторов.

Если у радиолюбителя не найдется стрелочного индикатора типа М-265, примененного в схеме, его можно заменить другим с аналогичными точностью и электрическими параметрами. Однако внутренние сопротивления индикаторов, иногда даже однотипных, не одинаковы. Поэтому при такой замене необходимо произвести перерасчет сопротивлений шунтов и добавочных сопротивлений, воспользовавшись формулами

$$R_{ш} = \frac{R_{ин}}{\frac{I_{пр}}{I_{ин}} - 1}; \quad R_{д} = \frac{U_{пр}}{I_{ин}} - R_{ин},$$

где $R_{ш}$ — сопротивление шунта; $R_{ин}$ — сопротивление рамки индикатора, $I_{пр}$ — выбранный предельный ток, измеряемый индикатором; $I_{ин}$ — ток полного отклонения стрелки индикатора; $R_{д}$ — добавочное сопротивление к вольтметру; $U_{пр}$ — предельное напряжение, на которое рассчитан вольтметр.

Прибор монтируется в металлическом ящике, размеры которого выбираются в зависимости от применяемого стрелочного индикатора

й трансформатора питания, занимающих бо́льшую часть ящика. Переднюю панель можно изготовить из слоистого пластика или алюминия. На нее выводятся все коммутирующие ручки и устанавливается стрелочный индикатор. Прибор можно выполнить в виде небольшого переносного устройства. Возможный вариант конструктивного исполнения прибора показан на рис. 11.

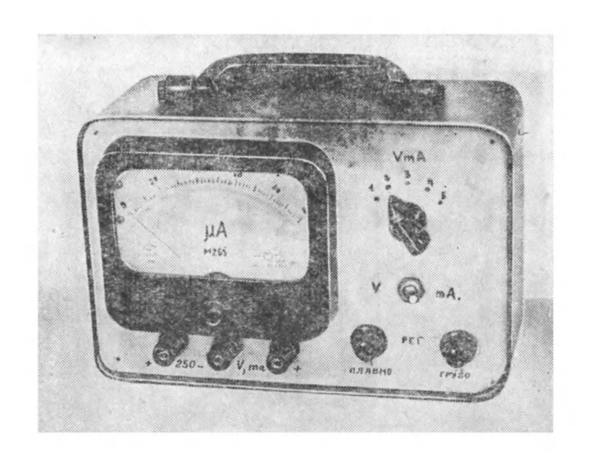


Рис. 11. Внешний вид установки.

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТЕЙ И СОПРОТИВЛЕНИЙ

Краткая характеристика. Прибором можно производить измерения сопротивлений в пределах от 10 *ом* до 10 *Мом* и емкостей от 10 *пф* до 10 *мкф*, что вполне достаточно при измерениях в условиях радиолюбительской практики. Питание прибора осуществляется от одной батареи типа КБС-0,5 напряжением 4,5 *в*, потребляемый ток не превышает 8—10 *ма*. Изготовление описываемого ниже *RC*-метра можно рекомендовать как начинающим, так и подготовленным радиолюбителям.

Принцип работы и схема. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 12. Прибор состоит из генератора измерительного моста с переключателем пределов измерений, потенциометром R_7, резисторами R_3 — R_5 с тщательно подобранными сопротивлениями и конденсаторов C_3—C_5 с тщательно подобранными емкостями и индикатора.

Для измерения сопротивлений мост можно питать и постоянным и переменным напряжением. Для измерения же емкостей питать мост постоянным напряжением нельзя. Для упрощения схемы прибора питание моста всегда осуществляется переменным напряжением.

На рис. 13 приведены схемы, поясняющие принцип измерений сопротивлений и емкостей. Измеряемое сопротивление R_x (рис. 11, *а*) включено в одно из плеч измерительного моста. В одну диагональ моста в качестве нуль-индикатора включен телефон *Тл*, а в другую — источник переменного напряжения *E*. Поворачивая ручку потенциометра *R*, добиваются равновесия моста, которое достигается при отсутствии звука в телефоне. При этом

$$R''R_x = R'R_1 \text{ и } R_x = \frac{R'R_1}{R''}.$$

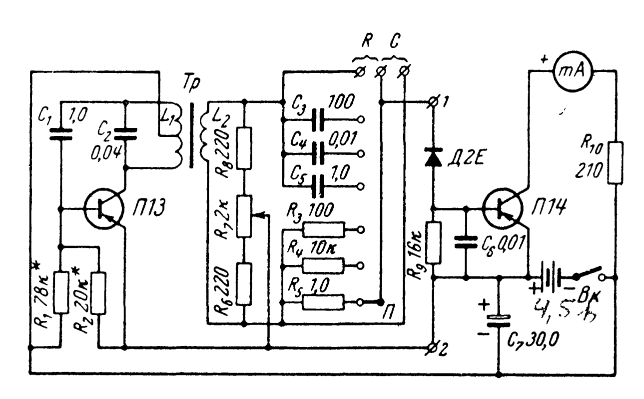


Рис. 12. Принципиальная схема прибора для измерения емкостей и сопротивлений.

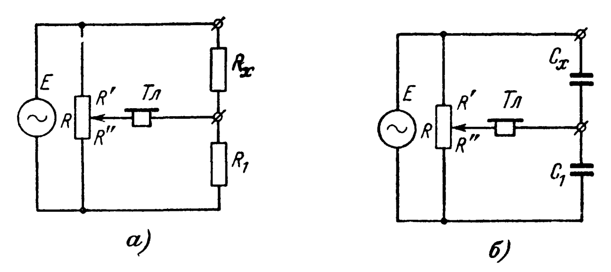


Рис. 13. Схемы, поясняющие принцип измерения сопротивлений (*а*) и емкостей (*б*).

Снабдив потенциометр шкалой и проградуировав ее в единицах сопротивления, можно использовать схему для измерения сопротивления. Принцип измерения емкостей аналогичен вышеописанному.

Генератор, питающий измерительный мост, выполнен по трехточечной схеме на транзисторе П13, включенном по схеме с общим эмиттером. Такой генератор прост в наладке, самовозбуждение его достигается при сравнительно низких напряжениях питания, а изменение э. д. с. питающей батареи незначительно влияет на частоту

и амплитуду выходного напряжения. Правильно собранный генератор работает сразу после включения. Выходное напряжение снимается со вторичной обмотки трансформатора *Тр*. Частота генерируемых колебаний зависит от емкости конденсатора C_2 и индуктивности катушки L_1, образующих колебательный контур. Частота колебаний выбрана примерно 400—600 *гц*, с тем чтобы можно было измерять сравнительно малые емкости.

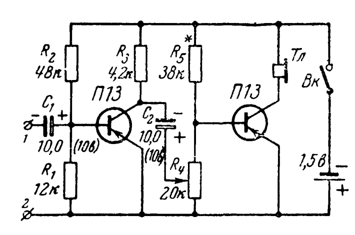


Рис. 14. Схема усилителя для использования головных телефонов в качестве нуль-индикатора.

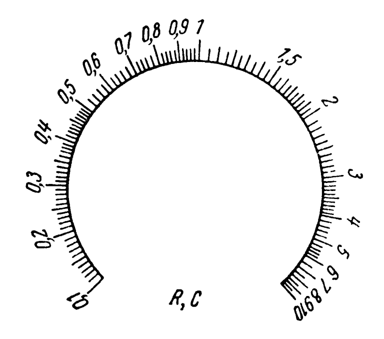


Рис. 15. Шкала прибора.

Конструкция и детали. В качестве переключателя пределов измерений и рода работ (т. е. измерение сопротивлений или емкостей) можно использовать любой переключатель на 6 положений.

Стрелочный индикатор можно применить любого типа с током полного отклонения 1—5 *ма*; наиболее удобно использовать для этой цели малогабаритный индикатор М61. Усилитель постоянного тока собран на транзисторе П14 (следует подобрать такой экземпляр, начальный ток коллектора которого был бы сравнительно мал, а коэффициент усиления по току был в пределах 30—60). В качестве детектора может быть применен любой диод, например Д2Б или Д2Е. Следует отметить, что в зависимости от типа применяемого индикатора следует подбирать и сопротивления резистора R_{10} с таким расчетом, чтобы исключить возможность чрезмерной перегрузки индикатора при значительной величине входного сигнала.

Измерения производят следующим образом. Конденсатор или резистор подключают к соответствующим зажимам прибора и переключателем $П_1$ устанавливают примерный диапазон. После этого включают питание усилителя и, поворачивая ручку потенциометра R_7, снабженного шкалой, добиваются минимального показания стрелочного индикатора, т. е. такого положения, чтобы при повороте ручки потенциометра в обе стороны от данного положения показания индикатора увеличивались. Это положение соответствует равновесию моста. Сопротивления отсчитывают по отградуированной шкале с умножением на постоянный коэффициент в зависимости от положения переключателя $П_1$.

При отсутствии стрелочного индикатора вместо него можно применить головные телефоны. Для этого вместо усилителя с индикатором следует изготовить небольшой усилитель на транзисторах и подсоединить его к зажимам *1* и *2*, а на его выход подключить телефон. Схема такого усилителя приведена на рис. 14.

Чтобы обеспечить достаточную точность измерений, нужно тщательно подобрать сопротивления резисторов R_3, R_4, R_5 и конденсаторов C_3, C_4, C_5 (с точностью $\pm 1\%$). Потенциометр R_7 лучше всего применить проволочный с линейной характеристикой. Желательно, чтобы витки его были намотаны по возможности плотнее, а сопротивление каждого отдельного витка было возможно меньшим. С помощью такого потенциометра удается более точно производить балансировку моста. Сопротивление потенциометра может быть выбрано в пределах от 500 *ом* до 5 *ком*. Однако для более рационального ис-

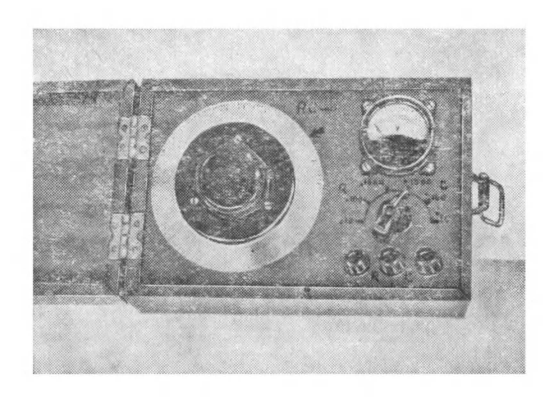


Рис. 16. Внешний вид прибора для измерения сопротивлений и емкостей.

пользования шкалы прибора последовательно с потенциометром в оба плеча включают резисторы R_6 и R_8, сопротивление которых подбирается в зависимости от сопротивления потенциометра. Поэтому при замене потенциометра R_7 другим, отличающимся по сопротивлению, следует заменить также резисторы R_6 и R_8, руководствуясь при этом соотношением

$$R_6 = R_8 \approx \frac{R_7}{9}.$$

Шкалу прибора можно изготовить, воспользовавшись магазином эталонных сопротивлений. Можно также скопировать или сфотографировать шкалу, изображенную на рис. 15.

Измерительный мост питается переменным напряжением, поэтому нет необходимости в применении индикатора с нулем посередине. При разбалансе моста в любую сторону на вход усилителя поступает переменное напряжение, которое после выпрямления и усиления вызывает отклонение стрелки индикатора только в одну сторону.

Прибор следует поместить в закрывающемся ящике, что создает удобства при транспортировке и предохраняет индикатор и дру-

гие элементы прибора от повреждения (рис. 16). Все элементы управления следует вывести на переднюю панель.

Трансформатор *Тр*, применяемый в схеме генератора, намотан на сердечнике от малогабаритного трансформатора, применяемого в карманных приемниках. Обмотка L_1 содержит 600 витков провода ПЭЛ 0,1 с отводом от 430-го витка, а обмотка L_2 — 450 витков провода ПЭЛ 0,2.

ЗВУКОВОЙ ГЕНЕРАТОР

При наладке и регулировке усилителей низкой частоты желательно иметь генератор звуковых частот, с помощью которого эти работы могут быть значительно облегчены.

Ниже приводятся схемы двух простых звуковых генераторов, первый из которых выполнен на электронной лампе, а второй — на транзисторе.

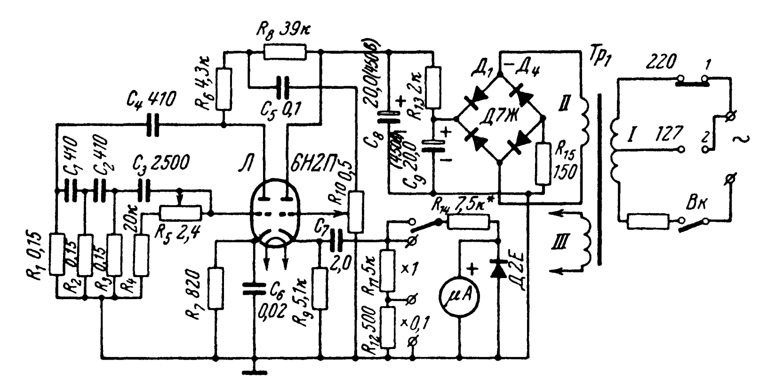


Рис. 17. Схема звукового генератора на электронной лампе.

На рис. 17 приведена схема генератора, выполненного на двойном триоде типа 6Н2П, одна половина которого работает в схеме *RC*-генератора, а другая — в схеме усилителя мощности. Достоинствами этого генератора являются простота изготовления, сравнительно высокая стабильность частоты и выходного напряжения и хорошая форма кривой выходного сигнала. Генератор выполнен по схеме с так называемыми фазосдвигающими цепочками (C_4R_1, C_1R_2, C_2R_3, C_3R_4 и R_5). Частота генерируемых колебаний может регулироваться потенциометром R_5 примерно от 450 до 1 000 *гц*. Усилитель мощности выполнен на правой половине лампы 6Н2П по схеме катодного повторителя. Для плавной регулировки величин выходного сигнала служит потенциометр R_{10}, с помощью которого можно менять выходное напряжение от 0 до 2 *в*. На выходе усилителя мощности имеется делитель напряжения, позволяющий уменьшать выходное напряжение в 10 раз.

Питание прибора осуществляется от выпрямителя с трансформатором питания, собранным на сердечнике из пластин Ш19 (тол-

щина набора 19 *мм*). Первичная обмотка состоит из 2 600 витков провода ПЭЛ 0,16 с отводом от 1 450-го витка, вторичная обмотка содержит 2 300 витков провода ПЭЛ 0,12, обмотка накала ламп (III) имеет 71 виток провода ПЭЛ 0,7—0,8. Трансформатор питания может быть заменен любым другим маломощным трансформатором, например от приемника «Рекорд-53» и др. Выпрямитель собран на четырех полупроводниковых диодах типа Д7Ж и снабжен П-образным сглаживающим фильтром, состоящим из конденсаторов C_8C_9 и резистора R_{13}.

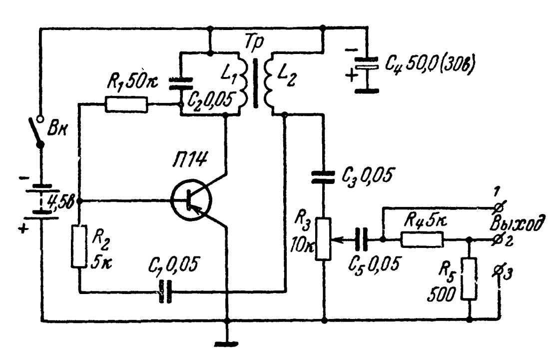


Рис. 18. Схема генератора на транзисторе.

В качестве стрелочного выходного индикатора применен малогабаритный прибор типа М592 с током полного отклонения стрелки 50—100 *мка*. Сопротивление резистора R_{14} подбирается при калибровке прибора. Сопротивления резисторов R_{11} и R_{12}, образующих делитель напряжения, подбираются при регулировке величины выходного сигнала.

Монтаж прибора производится на шасси, которое следует поместить в металлический кожух. Элементы управления, т. е. выключатель, ручки потенциометров R_5 и R_{10} и выходные зажимы необходимо вывести на переднюю панель, на которой также укрепляется и стрелочный индикатор. Прибор может работать и без индикатора, но при этом не контролируется выходное напряжение.

Для начинающих радиолюбителей, желающих построить простейший генератор звуковой частоты, можно рекомендовать генератор, схема которого изображена на рис. 18. Генератор собран на транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером. Сердечник трансформатора имеет сечение около 1 *см*^{2}. Обмотка L_1 наматывается проводом ПЭЛ 0,1 и содержит 1 900 витков, а обмотка L_2 — 180—200 витков тем же проводом. Подбором сопротивлений резисторов R_1 и R_2 следует добиться стабильной работы генератора. Частота колебаний его (600—800 *гц*) регулируется подбором емкости конденсатора C_2. Выходное напряжение генератора равно 1—2 *в*. Уровень выходного сигнала регулируется потенциометром R_3.

Генератор питается от батареи типа «Крона» напряжением 9 *в*. Потребляемый ток составляет 1—2 *ма*.

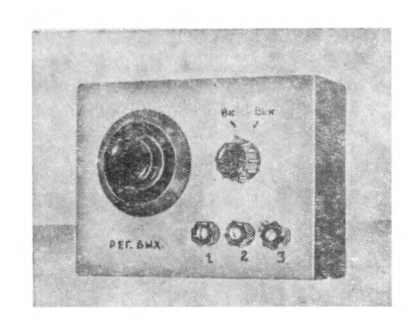


Рис. 19. Внешний вид малогабаритного звукового генератора.

Конструктивно генератор можно выполнить в виде небольшой коробки. Один из вариантов внешнего вида показан на рис. 19.

ПРОСТОЙ ИСПЫТАТЕЛЬ ТРАНЗИСТОРОВ

Краткая характеристика. При изготовлении устройств на транзисторах часто бывает нужно подобрать транзисторы с одинаковыми параметрами.

Простой испытатель транзисторов, схема которого изображена на рис. 20, в значительной мере облегчит работу радиолюбителя, желающего определить работоспособность и степень годности применяемого транзистора перед включением его в схему.

С помощью прибора можно измерить коэффициент усиления по току при замкнутых между собой выводах базы и эмиттера, обратный ток коллекторного перехода, начальный ток коллектора, определить обрыв или замыкания между электродами испытуемого транзистора структуры *n-p-n* или *p-n-p*. При некотором навыке в обращении с помощью прибора можно проверить исправность полупроводниковых диодов. Измерение коэффициента усиления можно производить на двух пределах 0—100 и 0—200, определение начального тока

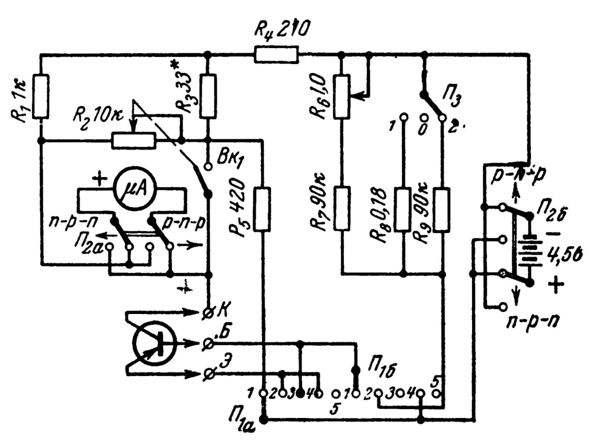


Рис. 20. Принципиальная схема простого испытателя транзисторов.

коллектора и обратного тока коллекторного перехода — в пределах 0—50 *мка*. Прибор питается от батареи карманного фонаря типа КБС-0,5.

Принцип работы и схема. Коммутация прибора осуществляется с помощью двухплатного переключателя галетного типа на пять положений. Установка нуля шкалы «β» производится с помощью потенциометра R_6. Возможность калибровки прибора при измерении коэффициента усиления устраняет дополнительные погрешности, связанные с изменением э. д. с. батареи. Для калибровки прибора перед измерениями служит потенциометр R_2, сопряженный с выключателем, причем при выключенном $Вк_1$ потенциометр должен быть полностью введен. Это нужно для того, чтобы потенциометр не шунтировал компенсирующего резистора R_1.

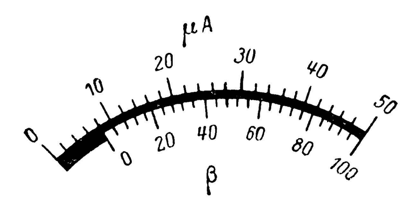


Рис. 21. Шкала испытателя транзисторов.

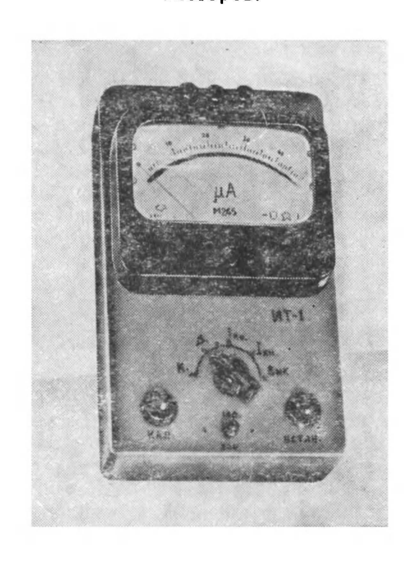


Рис. 22. Внешний вид простого испытателя транзисторов.

В этом приборе, как и в приборе, схема которого показана на рис. 2, коэффициент усиления определяется отношением приращения тока коллектора к приращению тока базы. Поскольку по цепи базы через потенциометр R_6 течет некоторый первоначальный ток, то приращение тока базы достигается включением в цепь базы одного из резисторов R_8 или R_9 (в зависимости от предела измерений). Это достигается с помощью переключателя $П_3$.

Этот метод испытания транзисторов наиболее рационален, так как предохраняет проверяемый транзистор от перегрева и повреждения, поскольку база находится под некоторым потенциалом. Нуль шкалы «β» смещен вправо относительно нуля шкалы для измерения тока (рис. 21). Благодаря этому устраняются добавочные погрешности, связанные с неравномерностью начального участка шкалы для измерений коэффициента усиления, и имеется возможность компенсировать начальный ток коллектора, который вследствие большого разброса параметров полупроводниковых приборов разный даже в однотипных транзисторах.

Точность измерений обратного тока коллекторного перехода и начального тока коллектора зависит от класса точности применяемого

стрелочного индикатора, поскольку ограничительные резисторы R_1 и R_2 практически не влияют на показания прибора при измерении этих величин.

Конструкция и детали. В приборе применен стрелочный индикатор типа М265 с током полного отклонения стрелки 50 *мка*. Точность измерений достаточна для любительской практики. При измерении коэффициента усиления для достижения необходимой точности следует тщательно подобрать сопротивления резисторов R_8 и R_9, а также R_4 и R_5, входящие в систему калибровки прибора.

В приборе может быть применен и малогабаритный индикатор, например М494, М4204 и даже М592 с такими же параметрами. В этом случае размеры прибора могут быть значительно уменьшены. Однако при этом необходимо пересчитать сопротивление шунта (R_4) и сопротивление резистора R_5 по формулам, приведенным в описании авометра. Размеры прибора в основном определяют размеры применяемого стрелочного индикатора. В приборе, изображенном на рис. 22, использован индикатор типа М265, что вызвало необходимость применить коробку размерами 130×180×60 *мм*, боковые стенки которой изготовлены из фанеры толщиной 6 *мм*, а для лицевой панели применен слоистый пластик толщиной 3,5 *мм*. Основные элементы управления, т. е. ручка переключателя рода работ $П_1$, кнопка $П_3$, входные зажимы для подсоединения испытуемых транзисторов и ручки потенциометров установки нуля (R_2) и калибровки (R_6) выведены на переднюю панель; переключатель полярности батареи и индикатора ($П_2$) установлен на боковой стенке прибора. Положение *1* переключателя $П_1$ соответствует калибровке прибора, в положении *2* измеряют β, в положении *3* — $I_{к0}$ и в положении *4* — $I_{к.н}$, в положении *5* прибор выключен.

Удобно применить потенциометр типа ТК, сопряженный с выключателем, который служит и для подключения шунта при измерениях коэффициента усиления. В этом случае можно ограничиться одноплатным стандартным переключателем галетного типа, не усложняя коммутации прибора. Резисторы следует применять малогабаритные типа УЛМ либо МЛТ 0,5. Поскольку от правильности выбора элементов схемы зависит величина добавочных погрешностей, вносимых в измерения, необходимо проверить сопротивления резисторов перед включением их в схему и подбирать их с точностью не ниже ±1,5% номинальной величины.

Для переключения полярности батареи и индикатора может быть применен малогабаритный переключатель диапазонов от карманного приемника либо можно применить также два переключателя типа Т-2П. В качестве переключателя для измерения β можно применить трехконтактный выключатель автомобильного типа. Для подсоединения испытуемого транзистора следует применить отдельную колодку, а при отсутствии ее можно использовать любые зажимы небольших размеров. Прибор собран на стандартных деталях и не содержит специальных элементов, за исключением шунта, который наматывают на корпусе высокоомного резистора проводом из константана или манганина диаметром 0,2—0,8 *мм*. Шкалу, отградуированную в единицах коэффициента усиления, следует нанести черной или красной тушью, как это указано на рис. 21. Батарея питания помещается внутри коробки.

Наладка прибора заключается в подборе сопротивления шунта

и регулировке системы калибровки прибора. Сопротивление шунта и резистора R_5 нужно подобрать так, чтобы при включенной системе калибровки (переключатель $П_1$ в положении *1* и выключатель $Вк_1$ включен) было возможно в широких пределах регулировать ток, протекающий через прибор. Тем самым исключается влияние изменения э. д. с. питающей батареи на правильность отсчета при определении коэффициента усиления. Для более точной регулировки при налаженной системе калибровки следует сопоставить показания данного прибора с фабричным аналогичного назначения, измерив параметры транзистора сначала на промышленном, а после на изготовленном приборе. Лучше всего делать это на первом пределе шкалы «β» (0—100), подобрав транзистор с коэффициентом усиления, равным 50—70, и в зависимости от этого подбирать сопротивление резистора R_9. Сопротивление резистора R_8 должно быть вдвое больше, поэтому производить контрольные замеры на втором пределе не обязательно. Номинальные значения ограничительных резисторов R_1 и R_7 практически не влияют на правильность показаний при отсчете, поэтому их сопротивления можно не подбирать с большой точностью.

Работа с прибором. Перед тем как подсоединить испытуемый транзистор, ручку переключателя $П_1$ необходимо поставить в положение *1* (калибровка), затем поворотом ручки потенциометра R_2, сопряженного с выключателем $Вк_1$, включить шунт и дальнейшим ее вращением установить стрелку прибора в правое крайнее положение, соответствующее максимальному значению измеряемой величины. После этого поставить переключатель $П_2$ в положение, соответствующее типу испытуемого транзистора, и повернуть ручку переключателя рода работ $П_1$ в положение *2* (β). После этого подсоединить испытуемый транзистор (сначала базу, затем эмиттер, а потом уже коллектор) к соответствующим зажимам и поворотом ручки потенциометра R_6 установить стрелку прибора на 0 шкалы «β». Установив ручку переключателя $П_3$ в положение *1* (предел измерения 200), производят отсчет β. Если стрелка прибора отклоняется менее чем на половину, ручку переключателя $П_3$ ставят в положение *2* (предел измерения 100).

Чтобы измерить обратный ток коллекторного перехода, переключатель $П_1$ нужно установить в положение *3* ($I_{к0}$), а ручку потенциометра R_2, сопряженного с выключателем $Вк_1$, поставить в положение «Выключено», тем самым отключить от стрелочного индикатора шунт. Благодаря этому чувствительность прибора увеличивается, т. е. полное отклонение стрелки достигается при токе 50 *мка*. Отсчет производится непосредственно на верхней шкале в микроамперах.

Измерение начального тока коллектора производится при установке ручки переключателя $П_1$ рода измерений в положение *4* ($I_{к.н}$), благодаря чему в цепь коллектора будет включен микроамперметр, а выводы эмиттера и базы окажутся замкнутыми между собой. Отсчет производится по той же шкале, что и при измерении обратного тока коллекторного перехода, т. е. 50 *мка*, поскольку у исправных транзисторов начальный ток при замкнутых между собой выводах эмиттера и базы не должен превышать 20—50 *мка*, а обратный ток коллекторного перехода 15—20 *мка*. У лучших экземпляров транзисторов значения $I_{к.н}$ гораздо меньше и составляют 1—3 *мка*.

ПРОСТЫЕ РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ КОНСТРУКЦИИ

Простой метроном. При занятиях музыкой, например для выдержки определенных интервалов при игре на рояле, удобно воспользоваться метрономом, схема которого приведена на рис. 23.

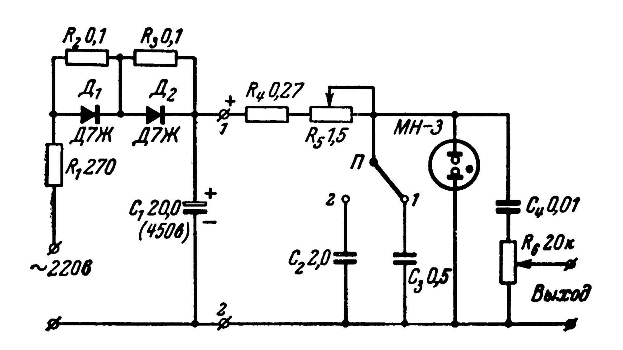


Рис. 23. Схема простого метронома.

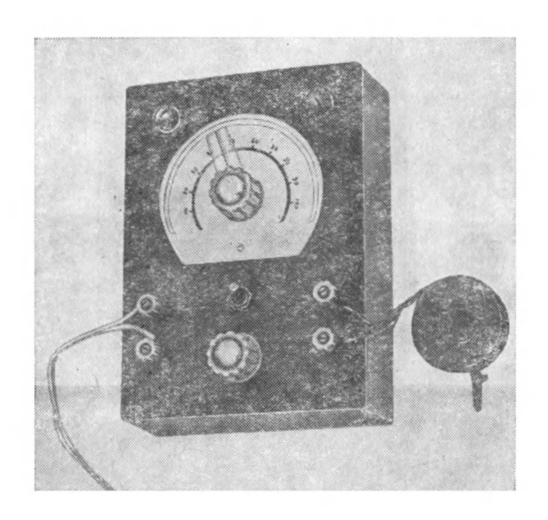


Рис. 24. Внешний вид метронома.

Это — простой релаксационный *RC*-генератор, изготовление которого доступно начинающим радиолюбителям.

Метроном может питаться либо от сети переменного тока, либо от выпрямителя радиоприемника, усилитель которого следует ис-

пользовать при работе с прибором (в громкоговорителе будут слышны характерные щелчки). Если питать прибор от выпрямителя радиоприемника, то его анодное напряжение нужно подавать на зажимы *1* и *2* прибора. В этом случае детали R_1, R_2, R_3, $Д_1$, $Д_2$ и C_1 не нужны. Следует отметить, что частота генерации зависит от величины питающего напряжения. Необходимо также помнить об опасности поражения током при питании прибора от электросети и обращаться с ним осторожно. Лучше всего питать прибор через разделительный трансформатор с коэффициентом трансформации, равным 1.

В генераторе применена неоновая лампочка типа МН-3. Ступенчатое изменение частоты достигается с помощью переключателя *П*, а плавное — с помощью потенциометра R_5. Громкость щелчков в громкоговорителе можно регулировать с помощью потенциометра R_6.

Внешний вид метронома и подключенного к нему телефона показан на рис. 24. На переднюю панель выведены ручка потенциометра R_5, снабженная шкалой, переключатель *П*, ручка потенциометра R_6 и входные и выходные зажимы.

Отградуировать шкалу очень просто с помощью секундомера.

Сигнал-индикатор. Большую помощь радиолюбителям, занимающимся настройкой и ремонтом радиоприемников, может оказать сигнал-индикатор, при помощи которого можно проверить прохождение сигнала в различных цепях. На рис. 25 изображена схема та-

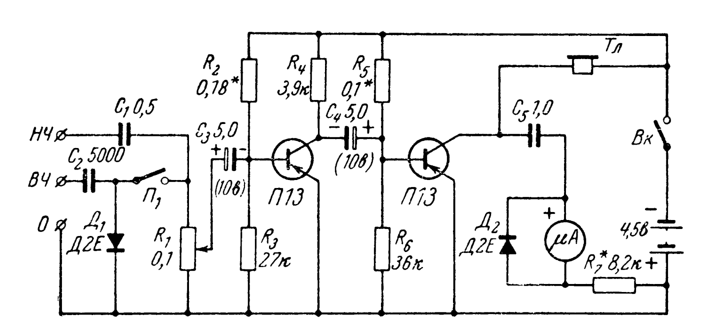


Рис. 25. Схема сигнал-индикатора

кого прибора, выполненного на транзисторах. С его помощью можно проследить за прохождением сигнала как в высокочастотных, так и в низкочастотных цепях радиоаппаратуры. Прибор представляет собой усилитель низкой частоты, на выходе которого включен телефон и стрелочный индикатор, который позволяет визуально наблюдать за уровнем сигнала. На вход может быть подан как высокочастотный сигнал (в этом случае переключатель *П* должен быть замкнут), так и сигнал звуковой частоты (в этом случае переключатель *П* должен быть разомкнут). Чувствительность прибора регулируется с помощью потенциометра R_1. Телефон типа ДЭМШ можно установить в корпусе прибора. При отсутствии стрелочного индикатора можно обойтись и без него.

Наладка прибора не представляет трудностей. Прибор без стрелочного индикатора можно смонтировать в небольшой коробке из пластмассы. Питание прибора осуществляется от трех последовательно включенных элементов 1,3ФМЦ-0,25.

Маломощный преобразователь напряжения. Питание анодных цепей приборов, выполненных на батарейных лампах, можно осуществить от преобразователя напряжения, схема которого изображена на рис. 26. Схема собрана на транзисторе, работающем в режиме генерации. Катушки L_1—L_3 наматываются на ферритовом стержне диаметром 10—15 *мм* проводом ПЭЛ 0,15—0,20. Катушка L_1 содержит 40 витков, L_2 — 35 витков и L_3 — 70 витков. Прибор прост в изготовлении и наладке.

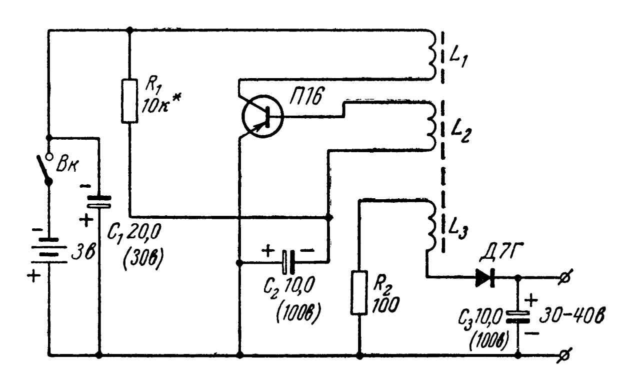


Рис. 26. Схема маломощного преобразователя напряжения.

В зависимости от коэффициента β транзистора сопротивление резистора R_1 подбирается при налаживании. В случае отсутствия генерации следует поменять местами выводы катушки L_2. Выпрямитель собран на одном диоде типа Д7Г.

При хорошо налаженном преобразователе выходное напряжение составляет 30—40 *в* при токе 3—5 *ма*.

ЛИТЕРАТУРА

Грибанов Ю. И., Измерение напряжений в высокоомных цепях, МРБ, Госэнергоиздат, 1961.

Лавриненко В. Ю., Справочник по полупроводниковым приборам, изд-во «Техника», Киев, 1964.

Меерсон А. М., Радиоизмерительная техника, МРБ, Госэнергоиздат, 1957.

Марголин Г. Г., Ремонт радиоприемников, Государственное издательство технической литературы, Киев, 1959.

Терещук Р. М., Домбрухов Р. Е. и др., Справочник радиолюбителя, изд-во «Техника», Киев, 1965.

Цена 09 коп.